



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 101 39 617 A 1

⑨ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
B 60 L 11/18

② Aktenzeichen: 101 39 617.1  
③ Anmeldetag: 11. 8. 2001  
④ Offenlegungstag: 25. 7. 2002

DE 101 39 617 A 1

⑥ Innere Priorität:  
101 02 046. 5 17. 01. 2001  
⑦ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

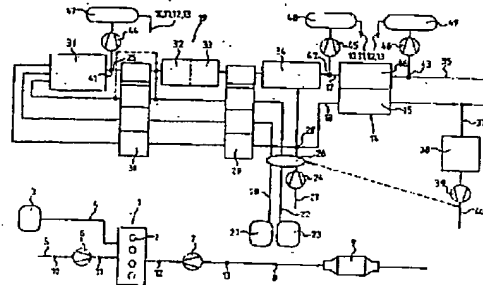
⑲ Erfinder:

Faye, Ian, 70192 Stuttgart, DE; Brenner, Frank,  
71686 Remseck, DE; Nau, Michael, Dr., 72175  
Dornhan, DE; Maier, Martin, Dr., 71696 Möglingen,  
DE; Bareis, Marc, 71706 Markgröningen, DE; Ilgner,  
Frank, 76137 Karlsruhe, DE; Harndorf, Horst, Dr.,  
71701 Schwieberdingen, DE; Saliger, Rainer, Dr.,  
71691 Freiberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑭ Antriebsvorrichtung, insbesondere für ein Fahrzeug, mit einem Verbrennungsmotor und wenigstens einem elektrischen Stromerzeuger
- ⑮ Es wird eine Antriebsvorrichtung, insbesondere für ein Fahrzeug, mit einem Verbrennungsmotor (1) und einem elektrischen Stromerzeuger (14) vorgeschlagen, bei der zuverlässig ein hoher Betrag an elektrischer Energie mit gutem Wirkungsgrad bereitgestellt wird. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass eine Brennstoffzelle (14) als Stromerzeuger vorgesehen ist.



DE 101 39 617 A 1

BNSDOCID: <DE\_10139617A1\_>

BUNDESDRUCKEREI 05.02 102 300/613/1

10

BEST AVAILABLE COPY

DE 101 39 617 A 1

1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antriebsvorrichtung mit einem Verbrennungsmotor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Fahrzeugantriebe, bei denen eine Brennstoffzelle zur Erzeugung elektrischer Energie in Verbindung mit einem oder mehreren Elektromotoren Verwendung finden, sind insbesondere im Zusammenhang mit dem sogenannten Zero-Emission-Vehicle bekannt geworden. Derartige Fahrzeuge werden zum Teil mit einem Wasserstofftank versehen, um den für den Betrieb der Brennstoffzelle benötigten Brennstoff bereitzustellen. In anderen Ausführungsformen wird zusätzlich eine Anlage zur Kraftstoffreformierung vorgesehen, in der herkömmlicher Kraftstoff, der üblicherweise in Form von Kohlenwasserstoffen vorliegt, chemisch aufgespalten wird, wobei der für den Betrieb der Brennstoffzelle erforderliche Wasserstoff erzeugt wird.

[0003] Die überwiegende Anzahl von Kraftfahrzeugen wird jedoch nach wie vor von Hubkolbenmotoren angetrieben, die zusätzlich mit einem Stromerzeuger in Form einer Lichtmaschine versehen sind, um elektrische Peripheriegeräte mit Energie zu versorgen.

[0004] Moderne Kraftfahrzeuge werden jedoch in zunehmendem Maße mit einer Vielzahl von Verbrauchern ausgestattet, um Zusatzfunktionen zur Verbesserung der Motorsteuerung des Komforts und der Sicherheit anzubieten. Hieraus ergibt sich ein erhöhter elektrischer Energiebedarf.

[0005] Weiterhin ist es bei Fahrzeugen mit herkömmlichem Verbrennungsmotor von Nachteil, dass die Lichtmaschine nur bei laufendem Verbrennungsmotor in Betrieb ist.

[0006] Energieverbraucher, wie Klimaanlage, Gebläse, Pumpen, etc., die eine zu große Belastung für die Kraftfahrzeugbatterie darstellen, können demnach ebenfalls nur bei laufendem Verbrennungsmotor eingesetzt werden.

[0007] Zudem setzen sich insbesondere im Kraftfahrzeugbereich vor allem zur Erfüllung sicherheitsrelevanter Funktionen, wie beispielsweise das Bremsen, Lenken oder Federn, aber auch in anderen Bereichen unter anderem zur Motorenoptimierung, wie z. B. zur Ventilsteuerung, usw., elektrisch betriebene Systeme durch. Diese Systeme werden häufig vollständig elektrisch betrieben und mittels einer Steuereinheit elektronisch geregelt. Bei der Versorgung dieser zusätzlichen elektrischen Verbraucher, deren zusätzlicher Leistungsbedarf ca. 5 bis 10 kW betragen kann, können herkömmliche elektrische Speichereinheiten unter anderem aufgrund ihres niedrigen spezifischen Energieinhalts nur bedingt eingesetzt werden.

[0008] Darüber hinaus ist physikalisch der Wirkungsgrad in der Stromerzeugung durch die Kombination eines Verbrennungsmotors mit einer Lichtmaschine deutlich eingeschränkt.

## Vorteile der Erfindung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, demgegenüber eine Antriebsvorrichtung mit Verbrennungsmotor vorzuschlagen, bei der auch bei Stillstand des Verbrennungsmotors stets ein hoher Betrag an elektrischer Energie zur Verfügung steht und zugleich ein hoher Wirkungsgrad bei der Erzeugung der elektrischen Energie gewährleistet ist.

[0010] Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Vorrichtung der einleitend genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen

2

gen der Erfindung möglich.

[0012] Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Antriebsvorrichtung dadurch aus, dass sowohl ein Verbrennungsmotor als auch eine Brennstoffzelle vorgesehen ist.

[0013] Da die Brennstoffzelle unabhängig vom Verbrennungsmotor arbeitet, ist somit ebenso ein vom Verbrennungsmotor unabhängiger Betrieb aller elektrischer Zusatzkomponenten möglich. So kann in einem Kraftfahrzeug beispielsweise auch bei ausgeschaltetem Verbrennungsmotor eine Klimatisierungsanlage eingeschaltet bleiben.

[0014] Darüber hinaus kann mittels der Brennstoffzelle insbesondere auch ein vom Motor unabhängiger Betrieb der sicherheitsrelevanten Komponenten bzw. Funktionen vor allem eines Land-, Wasser- oder Luftfahrzeuges realisiert werden. Diese Motor unabhängige elektrische Versorgung, beispielsweise eines entsprechenden Bordnetzes, ist insbesondere bei sicherheitsrelevanten, elektrisch gesteuerten Systemen vorteilhaft.

[0015] Vorzugsweise können hiermit die sicherheitsrelevanten Funktionen gewährleistet werden, selbst wenn aufgrund einer Fehlfunktion des Verbrennungsmotors und/oder einer entsprechenden, im Allgemeinen vorhandenen elektrischen Speichereinheit, wie beispielsweise einer Fahrzeugbatterie bzw. eines Fahrzeugakkumulators, diese gestört sind bzw. ausfallen. Eine entsprechende elektrische Notversorgung mittels der Brennstoffzelle ist ganz besonders von Vorteil, z. B. bei einem Aussetzen des Verbrennungsmotors, einer zu starken Entladung der elektrischen Speichereinheit möglicherweise aufgrund vergleichsweise langer Standzeiten, während der Startphase des Verbrennungsmotors, usw. Mit dieser Maßnahme sind für entsprechende Notfälle zusätzliche, relativ schwere elektrische Speichereinheiten entbehrlich, wodurch ein gegebenenfalls höherer Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs minimierbar ist.

[0016] Aufgrund der selbstständigen Entladung der elektrischen Speichereinheit, auch ohne Belastung, kann möglicherweise der Energiebedarf der sicherheitsrelevanten Komponenten, z. B. von Lenkung, Bremsen und/oder Federung, ohne die Brennstoffzelle gemäß der Erfindung kurz nach dem Start nicht gedeckt werden. Hierbei müsste der notwendige Ladezustand der elektrischen Speichereinheit bei sich im Betrieb befindlichen Verbrennungsmotor erst erreicht werden, bevor sich das Fahrzeug in Bewegung setzt, was zu vergleichsweise langen Wartezeiten führen könnte. Mittels der Brennstoffzelle kann insbesondere die elektrische Speichereinheit unabhängig vom Verbrennungsmotor geladen werden, so dass die sicherheitsrelevanten Komponenten bereits beim Start einsatzfähig sind und hierdurch nachteilige Wartezeiten verringert bzw. beseitigt werden können.

[0017] Bevorzugt wird die erfindungsgemäße Antriebsvorrichtung in Kraftfahrzeugen eingesetzt, wobei jedoch insbesondere im Falle der nachfolgend geschilderten Weiterbildungen auch ein Einsatz bei stationären vom Stromnetz unabhängigen Anlagen denkbar wäre.

[0018] In einer Weiterbildung der Erfindung wird eine Anlage zur Kraftstoffreformierung für die Brennstoffzelle vorgesehen. Auf diese Weise kann der üblicherweise für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor bislang verwendete Kraftstoff auch für den Betrieb der Brennstoffzelle verwendet werden, wobei in einem Kraftstoffreformator der Brennstoff für die Brennstoffzelle erzeugt wird. Der Brennstoff für die Brennstoffzelle besteht bei den aus heutiger Sicht sinnvoll einsetzbaren Brennstoffzellen aus Wasserstoff.

[0019] In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird eine Verbindung zwischen der Anlage zur Kraftstoffreformierung und dem Verbren-

BNSOCCID: &lt;DE 10139617A1&gt;

DE 101 39 617 A 1

3

nungsmotor vorgesehen. Auf diese Weise kann dem Verbrennungsmotor in bestimmten Betriebsphasen ein als Zwischen- oder Endprodukt der Anlage zur Kraftstoffreformierung vorliegendes Fluid zugeführt werden. Hierbei kann es sich beispielsweise um reinen Wasserstoff oder aber um ein Wasserstoffgemisch mit zusätzlichen Stoffkomponenten, beispielsweise einem CO-Gehalt handeln. Die Zugabe kann beispielsweise über die Kraftstoffzufuhr, die Ladeluft oder aber auch im Falle eines Vergasermotors in das Verbrennungsgemisch des Verbrennungsmotors erfolgen. Durch dosierte Zugaben von Wasserstoff, gegebenenfalls in Verbindung mit CO kann das Verhalten des Verbrennungsmotors bei bestimmten Betriebszuständen sinnvoll verbessert werden.

[0020] So kann beispielsweise das Kaltstartverhalten zugunsten einer geringeren Schadstoffemission beeinflusst werden. Sofern eine Abgasrückführung vorgesehen ist, so lassen sich durch Zugabe von Wasserstoff die Abgasrückführungsrate erhöhen, womit eine stärkere  $\text{NO}_x$ -Absenkung verbunden ist. Durch das hervorragende Zündverhalten von Wasserstoff ist weiterhin auch eine Absenkung der Leerlaufdrehzahl des Motors möglich.

[0021] Neben den drei beispielhaften angeführten Nutzungsmöglichkeiten der Wasserstoffzufuhr mit und ohne CO-Anreicherung aus der Anlage zur Reformierung des Kraftstoffs für die Brennstoffzelle an den Verbrennungsmotor sind ohne weiteres auch noch weitere Anwendungsmöglichkeiten offen. Allgemein formuliert steht mit der Möglichkeit der Wasserstoffzufuhr ein weiterer Parameter für die Steuerung des Verbrennungsmotors zur Verfügung.

[0022] Für die Zugabe der Zwischen- bzw. Endprodukte aus der Kraftstoffreformierung in den Verbrennungsmotor wird vorzugsweise eine Steuereinheit vorgesehen, die die Dosierung der Zugabe abhängig vom Betriebszustand des Verbrennungsmotors steuert, so dass die Möglichkeiten zur Verbesserung des Verhaltens des Verbrennungsmotors voll ausgeschöpft werden können.

[0023] In einer weiteren äußerst vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird wenigstens eine Verbindung von der Anlage zur Kraftstoffreformierung zu wenigstens einem Katalysator für die Abgasreinigung des Verbrennungsmotors vorgenommen. Auch hierdurch ist eine Vielzahl von Vorteilen zu erzielen. So kann beispielsweise beim Kaltstart eine schnellere Erwärmung des Katalysators durch Zugabe von Wasserstoff oder eines Wasserstoffgemisches erreicht werden. Darüber hinaus wäre beispielsweise die Regeneration eines  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators durch Zugabe von Wasserstoff oder eines Wasserstoffgemisches denkbar.

[0024] Weiterhin wird vorteilhafterweise auch für die Zugabe der Zwischen- bzw. Endprodukte aus der Kraftstoffreformierung zu einem oder mehreren Katalysatoren zur Abgasbehandlung des Verbrennungsmotors eine Steuereinheit vorgesehen, die die Dosierung der Zugabe abhängig vom Betriebszustand des jeweiligen Katalysators steuert, so dass die Möglichkeiten zur Steuerung des Betriebs bzw. der Regeneration eines solchen Katalysators voll ausgeschöpft werden können.

[0025] Da auch in einer Brennstoffzelle der zur Verfügung stehende Brennstoff nicht ganz vollständig umgesetzt wird, wird in einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung zusätzlich eine Turbine und/oder ein Brenner, insbesondere ein katalytisch aktiver Brenner, zur Ausnutzung der Restmengen an Brennstoff, d. h. im oben angeführten Fall an Wasserstoff, vorgesehen. Auf diese Weise wird der Wirkungsgrad des Gesamtsystems weiter verbessert.

[0026] Eine solche Turbine kann wiederum auf unterschiedliche Weisen genutzt werden. So ist beispielsweise die Nutzung der Turbine zur Ladeluftverdichtung des Ver-

4

brennungsmotors möglich, d. h. die Turbine kann unmittelbar als Turboladerantrieb eingesetzt werden. Weiterhin besteht eine Möglichkeit der energetischen Nutzung dieser Turbine darin, dass damit ein Stromgenerator betrieben wird, der die zur Verfügung stehende elektrische Leistung der Gesamtanlage und damit deren Wirkungsgrad erhöht. [0027] Grundsätzlich können in vorteilhafter Weise bei einer erfindungsgemäßen Kombination eines Verbrennungsmotors mit einer Brennstoffzelle wie alle Zusatzkomponenten auch Verdichtungseinheiten elektromotorisch angetrieben werden. Dies bietet den besonderen Vorteil, dass die Verdichtungseinheiten und die daraus resultierenden Drücke, beispielsweise der Ladeluft des Verbrennungsmotors, drehzahlunabhängig gesteuert werden können.

[0028] Durch die Möglichkeit der elektrischen Ansteuerung sämtlicher Motorperipheriegeräte ergeben sich demnach weitere Steuerparameter für den Betrieb des Verbrennungsmotors.

[0029] Dadurch ist beispielsweise eine Erhöhung der Motorleistung und/oder eine Verbesserung der Abgasemission gegenüber herkömmlichen Verbrennungsmotoren denkbar, insbesondere während einer Kaltstart-Phase des Verbrennungsmotors. Auch die Veränderung der Motorcharakteristik ist durch derartige Maßnahmen möglich. Dementsprechend können hierdurch vergleichsweise hohe umweltrelevante Anforderungen von entsprechenden Systemen bzw. Fahrzeugen erfüllt werden.

[0030] In einer weiteren besonderen Ausführungsform der Erfindung wird zudem wenigstens eine Verdichtungseinheit innerhalb der Anlage zur Kraftstoffreformierung eingesetzt. Hiermit kann die Brennstoffzelle kathoden- und/oder anodenseitig mit einem relativ hohen Druck beaufschlagt werden, um die Leistungsdichte der Brennstoffzelle zu erhöhen. Hierbei werden vorzugsweise die Edukte der Brennstoffzelle wie die Luft, das Wasser und/oder der Kraftstoff bzw. Zwischen- und/oder Produkte der Kraftstoffreformierung mittels einer oder mehrerer Verdichtungseinheiten auf ein vorteilhaft hohes Druckniveau verdichtet. Grundsätzlich können sowohl flüssige als auch verdampfte bzw. gasförmige Kraftstoffe und/oder Wasser bzw. Wasserdampf verwendet werden.

[0031] Eine solche Verdichtung kann beispielsweise eingangs- und/oder ausgangsseitig der Anlage bzw. eingangsseitig der Brennstoffzelle vorgenommen werden. Die Verdichtung kann jedoch auch in einer vorherigen Verarbeitungsstufe bzw. Zwischenstufe der Reformierung vorgenommen werden, so dass bereits der jeweilige Stoffstrom, d. h. die Edukte bzw. Zwischenprodukte, der Anlage zur Kraftstoffreformierung mit einem entsprechenden Druck beaufschlagt ist. Zum einen kann hierdurch die Kraftstoffreformierung beeinflusst werden, zum anderen steht bei einer etwaigen Verbindung zum Verbrennungsmotor das jeweils zuzuführende Zwischen- bzw. Endprodukt aus der Kraftstoffreformierung bereits mit erhöhtem Druck zur Verfügung, so dass die Zugabe in den Verbrennungsmotor vereinfacht bzw. optimiert wird.

[0032] Vorteilhafterweise ist wenigstens ein Speicher zur Speicherung eines Zwischenprodukts bzw. Endprodukts der Anlage und/oder eines Stoffes bzw. Stoffgemisches aus der Brennstoffzelle vorgesehen. Mit Hilfe eines entsprechenden Speichers ist vorzugsweise eine zeitlich versetzte Speicherung und Abgabe entsprechender Produkte, Stoffe bzw. Stoffgemische realisierbar. Hierdurch können mögliche Überschüsse, beispielsweise während einer Teillastphase der Brennstoffzelle oder dergleichen, und/oder Mängel, beispielsweise während einer Start- bzw. Störungsphase einer Komponente, dieser Produkte, Stoffe bzw. Stoffgemische in den entsprechenden Betriebsphasen ausgeglichen werden.

BNSDOCID: &lt;DE 10139617A1&gt;

DE 101 39 617 A 1

5

[0033] In einer besonderen Variante der Erfindung ist der Speicher zur Speicherung eines in den Verbrennungsmotor bzw. die Brennstoffzelle zuzuführenden Stoffes bzw. Stoffgemisches ausgebildet. Diese bevorzugte Ausbildung des Speichers ermöglicht, dass beispielsweise in einer Kaltstart- bzw. Störungsphase des Verbrennungsmotors, der Anlage zur Kraftstoffreformierung und/oder der Brennstoffzelle vor allem wasserstoffhaltiges Gas, insbesondere wasserstoffreiches Reformat, zur Verfügung steht.

[0034] Gegebenenfalls kann während einer Startphase vorzugsweise wasserstoffreiches Reformat aus dem Speicher dem Verbrennungsmotor und/oder der Brennstoffzelle zugeführt werden, bis die Anlage ihre bzw. der Verbrennungsmotor seine vorgegebene Betriebstemperatur erreicht hat. Vor allem durch die Zugabe von zuvor gespeichertem wasserstoffreichem Gas kann das Kaltstartverhalten des Verbrennungsmotors derart verbessert werden, dass wesentlich weniger Schadstoffe in der Kaltstartphase emittiert werden. Dies führt zu einer deutlichen Reduktion umweltrelevanter Stoffe und somit zur Erfüllung relativ hoher Umweltstandards.

[0035] In einer vorteilhaften Variante der Erfindung ist mindestens ein zusätzlicher Stromerzeuger zur Versorgung wenigstens von sicherheitsrelevanten Betriebseinheiten während einer Startphase und/oder einem besonderen Betriebsfall vorgesehen ist. Diese Maßnahme erhöht, wie bereits weiter vorne angedeutet, die Sicherheit entsprechender Antriebsvorrichtungen bzw. Fahrzeuge, da diese in zunehmendem Maße elektrisch betriebene und/oder elektronisch gesteuerte sicherheitsrelevante Betriebseinheiten wie Bremsen, Lenkung oder dergleichen umfassen. Dementsprechend gewährleistet der zusätzliche Stromerzeuger einen sicheren Betrieb dieser Betriebseinheiten, selbst bei einer Störung bzw. einem Ausfall bereits vorhandener Komponenten wie Lichtmaschine, Batterie oder dergleichen.

[0036] Vorzugsweise ist die Brennstoffzelle als der zusätzliche Stromerzeuger ausgebildet. Hierdurch wird bei hohem Sicherheitsniveau der konstruktive Aufwand wesentlich verringert. Gleichzeitig wird gegenüber der Verwendung von Akkumulatoren oder dergleichen als zusätzlicher Stromerzeuger Gewicht eingespart, was insbesondere bei Fahrzeugen zu einer Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs führt.

[0037] Die Erfindung betrifft sowohl Verfahrensvarianten, bei denen das über den Tank dem Prozess zugeführte Wasser als zusätzlicher Brennstoff zugeleitet werden muss (Wasserbilanz nicht geschlossen), als auch Varianten, bei denen genügend Wasser hinter der Brennstoffzelle auskondensiert wird, um ein Zutanken von Wasser zu vermeiden (Wasserbilanz geschlossen).

#### Ausführungsbeispiel

[0038] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend näher erläutert.

[0039] Im Einzelnen zeigen

[0040] Fig. 1 ein Schemadiagramm einer Kombination von Verbrennungsmotor und Brennstoffzelle mit Kraftstoffreformierung,

[0041] Fig. 2 eine Darstellung gemäß Fig. 1 einer weiteren Ausführungsform der Erfindung und

[0042] Fig. 3 ein Schemadiagramm zur Veranschaulichung der Katalysator-Regeneration in einem erfindungsgemäßen Fahrzeug.

[0043] Fig. 1 zeigt im unteren Bereich des Diagramms einen Hubkolbenmotor 1 mit angedeuteten Zylindern 2. Dem Hubkolbenmotor 1 wird aus einem Tank 3 Kraftstoff 4 zuge-

6

führt. Außenluft 5 wird dem Hubkolbenmotor 1 über einen Motorkompressor 6 zugeführt. Die Außenluft 5 kann alternativ über einen Abgasturbolader 7 vorverdichtet werden. Das Abgas 8 wird von einem Abgaskatalysator 9 nachbehandelt und anschließend in die Umgebung freigesetzt. Dieses Diagramm beschreibt demnach das einem herkömmlichen aufgeladenen Verbrennungsmotor entsprechende Funktionsprinzip. Ergänzend sei an dieser Stelle erwähnt, dass die erfindungsgemäße Kombination auch abweichend von diesem Ausführungsbeispiel bei nicht aufgeladenen Verbrennungsmotoren einsatzfähig ist.

[0044] Abweichend vom herkömmlichen Funktionsprinzip sind vorliegend vier Zugabestellen 10 bis 13 dargestellt, an denen ein Zwischen- oder Endprodukt der nachfolgend beschriebenen Kraftstoffreformierungsanlage zugesetzt werden kann.

[0045] Die elektrische Energie für die Peripherie des Hubkolbenmotors 1 sowie für sonstige elektrische Komponenten, z. B. eines damit angetriebenen Fahrzeugs, wird vorliegend durch eine Brennstoffzelle 14 erzeugt. Die Brennstoffzelle 14 ist schematisch in den Kathodenbereich 15 sowie den Anodenbereich 16 aufgeteilt. Der Brennstoffzelle 14 wird Brennstoff in Form von relativ wasserstoffreichem Reformat 17 und von Sauerstoff bzw. Außenluft 18 zugeführt. Das als Brennstoff dienende wasserstoffhaltige Reformat 17 wird hierbei in einer Anlage 19 zur Kraftstoffreformierung erzeugt. Der Kraftstoff 20 wird in einem Tank 21 mitgeführt, der unter Umständen identisch mit dem Tank 3 für den Hubkolbenmotor 1 sein kann. Gegebenenfalls wird weiterhin Wasser 22 aus einem Wassertank 23 bereitgestellt. Wie bereits oben angedeutet, kann auch Wasser durch Kondensation aus dem Reaktionsprodukt der Brennstoffzelle gewonnen werden (nicht näher dargestellt).

[0046] Die Außenluft für den Betrieb der Brennstoffzelle 14 wird über einen Kompressor 24 verdichtet und gefördert.

[0047] Gegebenenfalls kann eine Vorwärmstufe 26 für einen oder mehrere der Brennstoffzelle 14 bzw. der Anlage zur Kraftstoffreformierung 19 zugeführten Ausgangsstoffe, d. h. den Kraftstoff 20, dem Wasser 22 und/oder der Luft 27, vorgesehen werden, die vorzugsweise die Anodenrestenergie nutzt. Vorteilhafterweise in Strömungsrichtung betrachtet nach der Vorwärmstufe 26 wird die Luft 27 über eine Abzweigung 28 mehreren Komponenten zugeführt.

[0048] Zwei Wärmetauscher 29, 30 dienen zunächst der weiteren, optionalen Anwärmmung insbesondere aller Ausgangsstoffe für die Kraftstoffreformierung, d. h. des Kraftstoffs 20, des Wassers 22 sowie der Luft 27. Anschließend werden diese Ausgangsstoffe 20, 22, 27 einem sogenannten Reformer 31 zugeführt. Dort wird der Kraftstoff unter Einsatz eines Katalysatormaterials im vorliegenden Ausführungsbeispiel in einer exothermen Reaktion in ein wasserstoff- und kohlenmonoxidhaltiges Synthesegas 25 überführt. Hierbei sind auch Verfahrensvarianten denkbar, bei denen auf die Zugabe von Wasser in den Reformer 31 verzichtet werden kann.

[0049] Das wasserstoff- und kohlenmonoxidhaltige Synthesegas 25 wird nach Abkühlung in dem Wärmetauscher 30 in zwei sogenannten Shift-Stufen 32, 33 weiter behandelt, wobei ein Großteil des im Synthesegas 25 vorhandenen Kohlenmonoxids in einer sogenannten Shift-Reaktion, vorzugsweise mit Hilfe von zusätzlich zugeführtem Wasser 22, zu Kohlendioxid und weiteren Wasserstoff umgewandelt wird. Unterschiedliche Shift-Stufen 32, 33 können hierbei auf unterschiedlichen Temperaturniveaus arbeiten. Während der Shift-Reaktion wird erneut Wärme frei, die im Wärmetauscher 29 ebenfalls zur Vorwärmung von Kraftstoff 20, Wasser 22 und Luft 27 genutzt wird, wie bereits oben angeführt wurde.

BNSOCCID: <DE 10139617A1.1>

DE 101 39 617 A 1

7

[0050] Die momentan zur Verfügung stehenden Brennstoffzellen, insbesondere Polymer-Electrolyte-Membran-Brennstoffzellen (PBMPFC), sind anodenseitig sehr empfindlich auf eine sogenannte Kohlenmonoxidvergiftung. Daher wird häufig eine weitere Kohlenmonoxid-Feinreinigungsstufe 34 eingesetzt. Diese Feinreinigungsstufe 34 ist bei künftigen Brennstoffzellen 14 bzw. bei einer Verwendung von Solid-Oxide-Fuel-Cells (SOFC) gegebenenfalls entbehrlich, da diese gegenüber Kohlenmonoxid im Reformergas weitgehend unempfindlich sind bzw. möglicherweise sein werden.

[0051] SOFC-Brennstoffzellen weisen vorzugsweise Keramikmembranen mit vergleichsweise hoher Arbeitstemperatur auf, so dass im Allgemeinen eine nicht näher dargestellte Heizeinheit zur Erwärmung der Brennstoffzelle 14 auf die Arbeitstemperatur vorzusehen ist.

[0052] Das wasserstoffhaltige Ausgangsprodukt der Anlage 19, das heißt das Reformat 17, tritt in die Brennstoffzelle ein und wird dort größtenteils mit dem Sauerstoff bzw. der Luft 18, die dem Kathodenbereich 15 zugeführt wird, zu Wasser umgesetzt. Bei diesem Vorgang wird elektrische Energie freigesetzt, die erfindungsgemäß nutzbar ist.

[0053] Eine gewisse Restmenge an Wasserstoff verlässt jedoch den Anodenbereich 16 ohne die oben angeführte Reaktion durchzuführen. Auch in dem Kathodenabgas nach dem Austritt aus dem Kathodenbereich 15 ist noch eine Restmenge an Sauerstoff enthalten. Der Restwasserstoff 35 und der Restsauerstoff 36 ergeben nach der Zusammenführung ein Knallgasgemisch 37, das in einem Brenner 38 und/oder einer Turbine 39 energetisch weiter genutzt werden kann. Die Abwärme des Brenners 38 oder des Turbinenabgases 40 kann in der Vorwärmstufe 26 zur Vorwärmung von Ausgangsstoffen 20, 22, 27 genutzt werden, wie dies durch einen gestrichelten Doppelpfeil angedeutet ist.

[0054] Erfindungsgemäß sind während des Stoffflusses in der Anlage 19 zur Reformierung des Kraftstoffes beispielsweise drei Entnahmestellen 41, 42, 43 vorgesehen, an denen ein Zwischenprodukt, z. B. das Synthesegas 25, das aus nahezu reinem Wasserstoff bestehende Reformat 17, oder aber auch das Restwasserstoff 35 enthaltende Abgas aus dem Anodenbereich 16 über Verdichter 44, 45, 46 und gegebenenfalls über Zwischenspeicher 47, 48, 49 zur Zugabe zu dem Hubkolbenmotor 1 und/oder oder zu dem Abgaskatalysator 9 bereitgestellt wird. Die Zugabe dieser Stoffe kann beispielsweise an den Zugabestellen 10, 11, 12, 13 erfolgen.

[0055] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die Brennstoffzelle unter Überdruck betrieben, der über den Kompressor 24 bereitgestellt wird. Wasser und Kraftstoff können hierbei in flüssiger, verdampfter oder gasförmiger Form mittels nicht näher dargestellter Pumpen auf das notwendige Druckniveau gebracht werden.

[0056] Fig. 2 stellt schematisch eine weitere Ausführungsvariante, d. h. eine alternative Anlage 19' zur Kraftstoffreformierung dar. Es handelt sich hierbei um die sogenannte Dampfreformierung. Hierbei wird auf die Zugabe von Luft in den Reformer 31 und damit auf eine exotherme partielle Oxidation verzichtet. In einer solchen Anlage muss eine endotherme Dampfreformierung im Reformer 31 stattfinden, wozu Wärme über einen Brenner 50 in den Reformer 31 eingekoppelt wird. In diesem Brenner 50 kann beispielsweise das anfallende Anodenrestgas und bei Bedarf zusätzlicher Kraftstoff 20 umgesetzt werden.

[0057] Hauptvorteile dieser Variante sind die höhere Wasserkonzentration im Reformat 17 sowie die Möglichkeit, die Anlage 19' zur Erzeugung von Reformat bei hohen Systemdrücken zu betreiben, ohne dass nennenswerte Kompressionsarbeit aufzubringen ist, da die Kompressionsarbeit von Flüssigkeiten, d. h. Wasser 22 und Kraftstoff 20 in flüs-

8

siger Phase, mit wenig Arbeitsaufwand mittels nicht näher dargestellter Pumpe bzw. Pumpen realisierbar ist. Diese Pumpe bzw. Pumpen erzeugen den höheren Betriebsdruck der Kraftstoffreformierung zur Erhöhung der Leistungsdichte der Brennstoffzelle 14 und können zudem dazu verwendet werden, die Zwischenprodukte bzw. Produkte der Kraftstoffreformierung zur Speicherung bzw. Entnahme mit vergleichsweise hohem Druck zu beaufschlagen.

[0058] Dies wäre eine Möglichkeit, bei der die Verdichter 44 und 45 an den Entnahmestellen 41 und 42 entfallen bzw. durch vergleichsweise einfache Rückschlagventile 51 und 52 ersetzt werden können. Für diese Variante wäre ein Taktbetrieb im Stoffstrom sinnvoll, um eine Entkopplung des Drucks zur Entnahme bzw. im Stofffluss der Shift-Stufen 32, 33' der Feinreinigungsstufe 34 und dem Anodenbereich 16 zu erreichen.

[0059] Hierzu sind in der Darstellung gemäß Fig. 2 Umschaltventile 51, 52 angeordnet, die taktweise den Stofffluss entweder zur Entnahme (Entnahme- bzw. Speicher-Takt) mit sehr hohem Überdruck, z. B. ca. 100 bar, oder aber zur nachfolgenden Reinigungsstufe (Shift- bzw. Brennstoffzellen-Takt) mit geringem Überdruck, z. B. ca. 3 bar, führen.

[0060] Beispielsweise können hierfür die nicht näher dargestellten Pumpen bzw. Pumpe vor allem den Kraftstoff 20 und das Wasser 22 im Entnahme- bzw. Speicher-Takt mit dem sehr hohen Überdruck von ca. 100 bar und im Shift- bzw. Brennstoffzellen-Takt mit geringem Überdruck von ca. 3 bar beaufschlagen.

[0061] Neben den in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Verschaltungsvarianten zur Wasserstoffherzeugung sind auch andere Varianten denkbar, z. B. eine Kohlenmonoxid-Feinreinigung durch Methanisierung oder durch Metallmembranen.

[0062] Die Abfolge der einzelnen Komponenten der geschilderten Ausführungsbeispiele kann je nach Ausführungsvariante unterschiedlich sein. Verschiedene Komponenten können auch zu einer oder mehreren Baueinheiten integriert werden. Je nach verwendeter Membran bei der Brennstoffzelle können in dieser Figur nicht dargestellte Maßnahmen zur Befeuchtung des Kathoden- und/oder Anodenstroms erforderlich werden. Ebenso sind die entsprechenden Komponenten zur Wasserückgewinnung aus dem Anoden- und/oder Kathodenrestgas nicht dargestellt.

[0063] In dem geschilderten Ausführungsbeispiel wird die elektrische Energie durch die Brennstoffzelle und die Vortriebsenergie des Fahrzeugs durch den Hubkolbenmotor geliefert. Die erfindungsgemäße Merkmalskombination ist jedoch nicht auf aufgeladene Hubkolbenmotoren beschränkt, sondern ist mit allen bekannten Verbrennungsmotoren realisierbar.

[0064] Die dargestellten Verdichter bzw. Kompressoren zur Luftverdichtung im Verfahrensschema für den Hubkolbenmotor 1 bzw. für den Betrieb der Brennstoffzelle 14 können ebenso kombiniert werden wie beispielsweise die Turbinen zur Entspannung der jeweiligen Medien. So können beispielsweise der Kompressor 24 und der Motorkompressor 6 ebenso zusammengefasst werden wie der Abgasturbolader 7 mit der Turbine 39.

[0065] Die Nutzung der an den Turbinen gewonnenen Expansionsarbeit kann in nicht näher dargestellter Weise über einen Generator in Form der Rückgewinnung von elektrischer Energie durchgeführt werden. Denkbar ist auch eine mechanische Kopplung (Welle, Riemen, etc.), wie sie z. B. beim konventionellen Abgasturbolader realisiert ist. Hierbei sind wiederum beliebige Kombinationen zwischen allen Kompressoren, z. B. den Kompressoren 6, 24 denkbar, wobei diese Kompressoren bei Bedarf in anderen Ausführungsformen auch elektromotorisch angetrieben werden. Das

BNSDOCID: &lt;DE 10139617A1\_1&gt;

DE 101 39 617 A 1

9

Gleiche gilt für die Verdichter 44, 45, 46.

[0066] Die Verfügbarkeit von Reformat 17 mit einem hohen Wasserstoffgehalt bietet neben dem Vorteil der motorunabhängigen Verfügbarkeit von elektrischer Energie mit im Vergleich zu einem Stromgenerator bzw. einer Lichtmaschine deutlich besseren Wirkungsgraden auch interessante Möglichkeiten zur Verbesserung des Betriebs des Verbrennungsmotors. Dabei kann der Kraftstoff 4 für den Hubkolbenmotor 1 und der Kraftstoff 20 für die Anlage 19 zur Kraftstoffreformierung identisch oder unterschiedlich sein.

[0067] Die Gaszusammensetzung an den drei beispielhaft angegebenen Entnahmestellen 41, 42, 43 unterscheidet sich qualitativ wie folgt:

Entnahmestelle 41: mittlerer Wasserstoff- und hoher Kohlenmonoxid-Gehalt

Entnahmestelle 42: hoher Wasserstoff- und geringer Kohlenmonoxid-Gehalt

Entnahmestelle 43: geringer Wasserstoff- und geringer Kohlenmonoxid-Gehalt.

[0068] Je nach vorgesehenem Verwendungszweck kann für den Betrieb des Hubkolbenmotors 1 auch eine andere Anordnung und Anzahl von Entnahmestellen zweckmäßig sein.

[0069] Die über die Entnahmestelle 41, 42, 43 entnommenen Stoffe können für den Motorbetrieb nutzbringend wie folgt eingesetzt werden.

[0070] Beim Kaltstart des Verbrennungsmotors sind möglichst kurze Anspringzeiten des Katalysators von Vorteil, da der Löwenanteil der emittierten Schadstoffe (HC, CO, NO<sub>x</sub>) in dieser Kaltstartphase emittiert wird, während der Katalysator noch nicht die für die chemische Umsetzung der Schadstoffe notwendige Mindesttemperatur erreicht hat. Dieses Problem wird dadurch noch verschärft, dass um Zündaussetzer zu vermeiden, während der ersten Kaltstartzyklen die Hubkolbenmotoren 1 mit fetter Mischung gefahren werden, d. h. mit einem sehr hohen Anteil an Kraftstoff, was zwangsläufig zu hohen Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen führt. Dieses Kaltstartverhalten kann nun in vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung wie folgt verbessert werden.

[0071] Während der kritischen Kaltstartphase wird der Katalysator zur Abgasnachbehandlung durch Zugabe von wasserstoffhaltigem Reformat an den Zugabestellen 12 oder 13 aufgeheizt.

[0072] Abweichend von dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist dieses Verfahren auch bei mehreren Abgaskatalysatoren anwendbar. Eventuell notwendige Zusatzluft kann über ein Luftgebläse (nicht näher dargestellt) zudosiert werden. Diese effektive Heizmaßnahme wird wegen den extrem niedrigen Zündtemperaturen von Wasserstoff/Luftmischungen an edelmetallhaltigen Katalysatoren, wie sie zur Abgasnachbehandlung eingesetzt werden, ermöglicht.

[0073] Es ist weiterhin bekannt, dass insbesondere Beimischungen von Kohlenmonoxid diese Zündtemperatur stark ansteigen lassen. Die an sich für den Einsatz einer kohlenmonoxid-empfindlichen Brennstoffzelle 14 vorhandenen Shift-Stufen 32, 33 und Feinreinigungsstufe 34 sorgen jedoch dafür, dass ein nahezu kohlenmonoxidfreies Reformat 17 zur Verfügung steht. Dies ist nunmehr in vorteilhafter Weise für den Kaltstart des Abgaskatalysators 9 einsetzbar, so dass die Zündtemperatur auf dem gewünschten niedrigen Niveau gehalten wird.

[0074] Weiterhin ist es von besonderem Vorteil, dass mit diesem Verfahren der Wärmeeintrag ganz gezielt in die aktive Katalysatorbeschichtung des Abgaskatalysators 9 bzw. weiterer Katalysatoren erfolgt und Wärmeverluste durch Aufheizen von inertem Ballast (Rohrwandung, Katalysatorträger) minimiert werden. Sofern die Anfangstemperatur für

10

den vollständigen Umsatz der Wasserstoff/Luftmischung nicht ausreicht, so wird kein schädliches Kohlenmonoxid oder Kohlenwasserstoff, sondern nur unschädlicher Wasserstoff emittiert. Die beschriebene Maßnahme kann sowohl kurz vor dem Einschalten des Hubkolbenmotors durchgeführt werden, kann sich aber auch mit der Warmlaufphase des Hubkolbenmotors zeitlich überdecken.

[0075] Um die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen und die notwendige Gemischanfeuchtung während der Kaltstartphase des Hubkolbenmotors 1 zu reduzieren bzw. ganz zu vermeiden, kann dem Hubkolbenmotor 1 neben (oder anstelle) dem eigentlichen Kraftstoff 4 über die Zugabestellen 10 und/oder 11 wasserstoffreiches Reformat zugeführt werden. Bedingt durch die extreme Reaktivität des Wasserstoffs kann dabei die Gemischanfeuchtung für den Hubkolbenmotor 1 reduziert bzw. ganz vermieden werden. Selbst bei nicht vollständiger Umsetzung des Wasserstoffs im Verbrennungsmotor wird dabei nur unschädlicher Wasserstoff emittiert. Im Extremfall wäre ein reiner Wasserstoffbetrieb während der Kaltstartphase bei entsprechender Anlagenauslegung (Größe des Zwischenspeichers, Druck, Gas erzeugungskapazität, etc.) denkbar.

[0076] Sofern eine Abgasrückführung vorgesehen ist, sind ebenfalls vorteilhafte weiterbildende Maßnahmen möglich. Bei der Abgasrückführung handelt es sich um ein etabliertes Verfahren zur Reduktion der Stickoxidemissionen. Bei sogenannten quantitativ geregelten Motoren (Drosselklappe) kann durch die Abgasrückführung zudem eine Entdrosselung und infolgedessen eine Wirkungsgradverbesserung erreicht werden.

[0077] Bei Brennverfahren mit innerer Gemischbildung ist die Höhe der Abgasrate durch die ansteigenden Partikelemissionen begrenzt, insbesondere ist bei Vollast überhaupt keine Abgasrückführung möglich. Bei Verfahren mit äußerer Gemischbildung ist die Abgasrückführungsrate dadurch begrenzt, dass mit steigender Abgasrückführungsrate die sichere Ladungsentflammung nicht mehr gewährleistet ist und die Gefahr von Zündaussetzern beim Betrieb des Hubkolbenmotors 1 wächst.

[0078] Auch hier ist bei höheren Lasten des Hubkolbenmotors 1 keine Abgasrückführung möglich. Durch das zusätzliche Einbringen von wasserstoffhaltigem Reformat 17 in den Hubkolbenmotor, z. B. an den Zugabestellen 10 oder 11, lassen sich aufgrund der höheren Reaktivität des Wasserstoffs im Vergleich zu konventionellen Kraftstoffen höhere Abgasrückführungsrate und somit eine stärkere Stickoxidabsenkung realisieren.

[0079] Weiterhin ist die minimale realisierbare Leerlaufdrehzahl bei quantitativ geregelten Motoren momentan u. a. dadurch limitiert, dass im Leerlauf nicht beliebig angedrosselt werden kann, da es sonst durch den mit steigender Drosselung ansteigenden Restgasgehalt im Zylinder des Hubkolbenmotors 1 zu Zündaussetzern kommen kann. Durch Zugabe von reaktivem wasserstoffhaltigen Reformat 17, z. B. an den Zugabestellen 10 oder 11, wird die Gefahr von Zündaussetzern reduziert, so dass die Kraftstoffmenge insgesamt (Wasserstoff und konventioneller Kraftstoff) und damit auch die Leerlaufdrehzahl verringert werden kann. Im Extremfall ist auch hier ein reiner Wasserstoffbetrieb denkbar.

[0080] Auch bei sogenannten qualitativ geregelten Motoren ist die Leerlaufdrehzahl nach unten limitiert, da eine zu starke Gemischabmagerung ebenfalls zu einem verschlechterten Ausbrand der Ladung bzw. zu Zündaussetzern führt. Auch hier ist durch die vormotorische Zugabe von wasserstoffhaltigem Reformat 17 wegen der extrem breiten Zündgrenzen von Wasserstoff eine Absenkung der Leerlaufdrehzahl möglich. Auch bei solchen Motoren ist sowohl ein Mischbetrieb als auch ein reiner Wasserstoffbetrieb denkbar.

BNSDOCID: &lt;DE 10139617A1&gt;

## DE 101 39 617 A 1

11

[0081] Durch die Absenkung der Leerlaufdrehzahl lässt sich bei Hubkolbenmotoren sowohl der Schadstoffausstoß als auch der Kraftstoffverbrauch reduzieren.

[0082] Zur Reinigung des Abgases von Stickoxiden werden derzeit bevorzugt  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysatoren bevorzugt eingesetzt. Dabei wird das Abgas zunächst durch einen Oxidationskatalysator geleitet, in dem das vorhandene Stickstoffmonoxid in Stickstoffdioxid umgewandelt wird. Dieses wird als Nitrat in einer nachfolgenden (z. B. bariumoxidhaltigen) Speicherkomponente eingelagert. Der Speicherkatalysator muss nach einer Beladungsphase periodisch regeneriert werden. Bislang wird für die Regeneration des Katalysators eine fette reduzierende Atmosphäre generiert, damit das als Nitrat eingelagerte Stickoxid wieder freigesetzt und in reduzierender Atmosphäre unter Kohlendioxid- und/oder Wasserbildung zu unschädlichem Stickstoff reduziert wird.

[0083] Die Generierung der Fettphase ist dabei sowohl innermotorisch als auch nachmotorisch denkbar. Bei der Benzindirekteinspritzung wird derzeit die innermotorische Variante favorisiert. Allerdings ist die fette Verbrennungsführung noch problembehaftet, da erhöhte Partikel- und Kohlenwasserstoff-Emissionen auftreten. Durch vormotorische Zugabe von hochreaktivem, wasserstoffhaltigem Reformat sind auch diese Emissionen absenkbar, wobei im Extremfall wiederum ein reiner Wasserstoffbetrieb denkbar ist.

[0084] Beim Dieselmotor ist die innermotorische Generierung von Fettphasen im Vergleich zur Benzindirekteinspritzung wegen der noch höheren Partikel- und Kohlenwasserstoff-Emissionen noch problematischer. Die genannten Probleme können durch die vormotorische Zugabe von wasserstoffhaltigem Reformat hier ebenfalls zumindest entschärft wenn nicht vermieden werden.

[0085] Wegen der genannten Probleme wird für den Dieselmotor auch die nachmotorische Generierung von Fettphasen diskutiert. Auch hier sollten sich durch die nachmotorische Zugabe von wasserstoffhaltigem Reformat Vorteile bei der Regeneration ergeben.

[0086] Die hohe Reaktivität des Wasserstoffs wäre bei der Regeneration im Vollstrom von Vorteil, da wegen der zu erwartenden verkürzten Reaktionszeiten der Kraftstoffmeherverbrauch, der indirekt durch den Kraftstoffverbrauch für die  $\text{H}_2$ -Erzeugung durch die Reformierung erzeugt wird, verringert werden kann. Die erhöhte Reaktivität des wasserstoffhaltigen Reformats wäre somit auch bei Verwendung zur nachmotorischen Speicherkatalysatorregeneration in einem Tandemsystem gemäß Fig. 3 von Vorteil.

[0087] In Fig. 3 sind dem Hubkolbenmotor 1 zwei Speicherkatalysatoren 53, 54 unter Zwischenschaltung eines Umschaltventils 55 angeordnet. Mit Hilfe des Umschaltventils 55 können die Speicherkatalysatoren 53, 54 wechselweise in den Strom des Abgases 8 bzw. einer der Entnahmestellen 41, 42, 43 für wasserstoffhaltiges Synthesegas 25 bzw. Reformat 17 zugeschaltet werden. Der im Abgasstrom befindliche Speicherkatalysator, d. h. in dem dargestellten Schaltzustand der Speicherkatalysator 54, dient hierbei zur Abgasreinigung und wird mit Stickoxiden beladen, während der einer Entnahmestelle 41, 42, 43 zugeschaltete Speicherkatalysator, d. h. im dargestellten Schaltzustand der Speicherkatalysator 53 regeneriert wird. Durch periodisches Umschalten mit Hilfe des Umschaltventils 55 ist somit eine kontinuierliche Entreichung des Abgases 8 von Stickoxiden gewährleistet. Diese Anordnung ist ohne weiteres in Kombination mit weiteren Katalysatoreinheiten zur Abgasreinigung einsetzbar.

[0088] Da mit dem Reformat 17 ein hochreaktives Reduktionsmittel zur Speicherregeneration zur Verfügung steht, ist eine schnelle Katalysatorregeneration auch bei kleinen Re-

12

formatdurchsätzen möglich. Dies führt zu einer Absenkung des indirekten Kraftstoffmeherverbrauchs, der durch die Bereitstellung des Reformats erzeugt wird.

[0089] Insgesamt sind beliebige Kombinationen der genannten vor- und nachmotorischen Maßnahmen denkbar.

[0090] Die Erfindung ist nicht auf die Verbindung der Stoffströme zwischen der Anlage 19 zur Kraftstoffreformierung und den Komponenten zum Betrieb des Hubkolbenmotors 1 bzw. dessen Abgasnachbehandlung beschränkt.

[0091] Der Hauptvorteil der Erfindung besteht darin, durch die Kombination einer Brennstoffzelle 14 mit einem Verbrennungsmotor, z. B. einem Hubkolbenmotor 1, eine hohe elektrische Leistung bei hohen Wirkungsgraden unabhängig vom Betrieb des Verbrennungsmotors bereitzustellen. Bei einem Fahrzeug mit einer Antriebsvorrichtung gemäß der Erfindung kann daher auch bei einem abgeschalteten Verbrennungsmotor elektrische Energie mit hohem Wirkungsgrad und geringstem Schadstoffausstoß für den Betrieb von Nebenaggregaten oder das Aufladen einer Batterie bereitgestellt werden. Darüber hinaus können bei Stillstand des Verbrennungsmotors auch die Zwischenspeicher 47, 48, 49 aufgefüllt werden.

[0092] Durch die motorunabhängig verfügbare elektrische Energie kommen neue Möglichkeiten bei der Elektrifizierung von Nebenaggregaten in Frage. So kann beispielsweise eine Standklimatisierung durch elektrisch angetriebene Klimakomponenten realisiert werden. Der Einsatz von elektrisch angetriebenen Hochdruckpumpen, beispielsweise in Common-Rail oder sogenannten Pumpe-Düse-Aggregaten, ist zugunsten einer bedarfsgerechten und wirkungsgradoptimalen Betriebsweise möglich.

[0093] Weitere mit Elektrizität aus der Brennstoffzelle 14 zu versorgende Systeme sind beispielsweise ein elektrohydraulischer Ventilbetrieb sowie elektrisch beheizbare Katalysatorvorrichtungen. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Versorgung sicherheitsrelevanter Systeme bzw. Komponenten des Fahrzeugs, wie z. B. elektrisch betätigbare bzw. elektronisch gesteuerte Bremsen, Lenkung und/oder Federung.

[0094] In einem besonderen Betriebsfall kann gegebenenfalls von der Steuereinheit eine unzureichende Versorgung der elektrischen Systeme festgestellt werden, beispielsweise wenn die Bordnetzspannung durch unzureichenden Ladestand der nicht näher dargestellten elektrischen Speichereinheit, z. B. die im Allgemeinen vorhandene Fahrzeugbatterie, abfällt. In einem entsprechenden Fall ermöglicht insbesondere die Brennstoffzelle 14 ein Aufladen dieser elektrischen Speichereinheit. Hierfür werden die entsprechenden Betriebsstoffe 17, 18 der Brennstoffzelle 14 zugeführt.

[0095] Alternativ hierzu kann in entsprechenden besonderen Betriebsfällen mittels der Brennstoffzelle 14 auch eine direkte Versorgung elektrischer Komponenten vorgesehen werden. Grundsätzlich gewährleisten die zuvor genannten Maßnahmen mit Hilfe der Brennstoffzelle 14 die Funktion eines Notsystems zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit mindestens der sicherheitsrelevanten Systeme.

[0096] Weiterhin kann mit der erfindungsgemäßen Merkmalskombination die Anzahl der mechanischen Kopplungen zwischen den einzelnen Aggregaten reduziert werden. Es ist gewissermaßen ein "riemenfreier" Motor möglich. Der Einbauraum kann hierdurch verkleinert und flexibler ausgebildet werden wobei der Verschleiß derartiger mechanischer Antriebskopplungen entfällt.

[0097] Darüber hinaus ergeben sich die oben angeführten Möglichkeiten, in vorteilhaften Weiterbildungen der Erfindung innovative Verbrennungs- und Abgaskonzepte zur Verbesserung des Emissionsverhaltens durch die Verfügbarkeit von wasserstoffhaltigem Reformat zu verwirklichen.

BNSDOCID: &lt;DE 10139617A1\_L&gt;

## DE 101 39 617 A 1

13

## Patentansprüche

1. Antriebsvorrichtung, insbesondere für Fahrzeuge, mit einem Verbrennungsmotor und einem elektrischen Stromerzeuger, dadurch gekennzeichnet, dass eine Brennstoffzelle (14) vorgesehen ist. 5
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anlage (19) zur Kraftstoffreformierung für die Brennstoffzelle (14) vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Verbindung von der Anlage (19) zur Kraftstoffreformierung zu dem Verbrennungsmotor (1) vorgesehen ist. 10
4. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinheit zur dosierten Steuerung des Zuflusses eines Stoffes bzw. Stoffgemisches aus der Anlage (19) zur Kraftstoffreformierung in den Verbrennungsmotor (1) vorgesehen ist. 15
5. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Verbindung von der Anlage (19) zur Kraftstoffreformierung zu wenigstens einem Abgaskatalysator (9) des Verbrennungsmotors (1) vorgesehen ist. 20
6. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinheit zur dosierten Steuerung des Zuflusses eines Stoffes bzw. Stoffgemisches aus der Anlage (19) zur Kraftstoffreformierung in einen Abgaskatalysator (9) des Verbrennungsmotors (1) vorgesehen ist. 25
7. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Turbine (39) zur Restmengenverwertung von nicht in der Brennstoffzelle (14) umgesetztem Brennstoff vorgesehen ist. 30
8. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Brenner (38) zur Restmengenverwertung von nicht in der Brennstoffzelle (14) umgesetztem Brennstoff vorgesehen ist. 35
9. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verdichtung der Ladeluft bzw. des Verbrennungsgemisches des Verbrennungsmotors (1) mit der Turbine (39) vorgesehen ist. 40
10. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein mittels der Turbine (39) angetriebener Stromgenerator vorgesehen ist. 45
11. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektromotorischer Verdichter (6) zur Verdichtung der Ladeluft bzw. des Verbrennungsgemisches des Verbrennungsmotors vorgesehen ist. 50
12. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Verdichter (24) zur Verdichtung eines Stoffes bzw. Stoffgemisches für den Betrieb der Brennstoffzelle (14) vorgesehen ist. 55
13. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Verdichter (44, 45, 46) zur Verdichtung eines Stoffes bzw. Stoffgemisches zur Zugabe in den Verbrennungsmotor (1) vorgesehen ist. 60
14. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Speicher (47, 48, 49) zur Speicherung eines Zwischenprodukts (25) bzw. Endprodukts (17) der Anlage (19) und/oder eines Stoffes bzw. Stoffgemisches (35) aus der Brennstoffzelle (14) vorgesehen ist. 65
15. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicher (47, 48, 49)

14

- zur Speicherung eines in den Verbrennungsmotor (1) bzw. die Brennstoffzelle (14) zuzuführenden Stoffes bzw. Stoffgemisches (17, 25, 35) ausgebildet ist.
16. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein zusätzlicher Stromerzeuger zur Versorgung wenigstens von sicherheitsrelevanten Betriebseinheiten während einer Startphase und/oder einem besonderen Betriebsfall vorgesehen ist.
17. Vorrichtung nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzelle (14) als der zusätzliche Stromerzeuger (14) ausgebildet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen .

BNSDOCID: &lt;DE 10139617A1&gt;



ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

DE 10139617 A1  
B 60 L 11/18  
25. Juli 2002

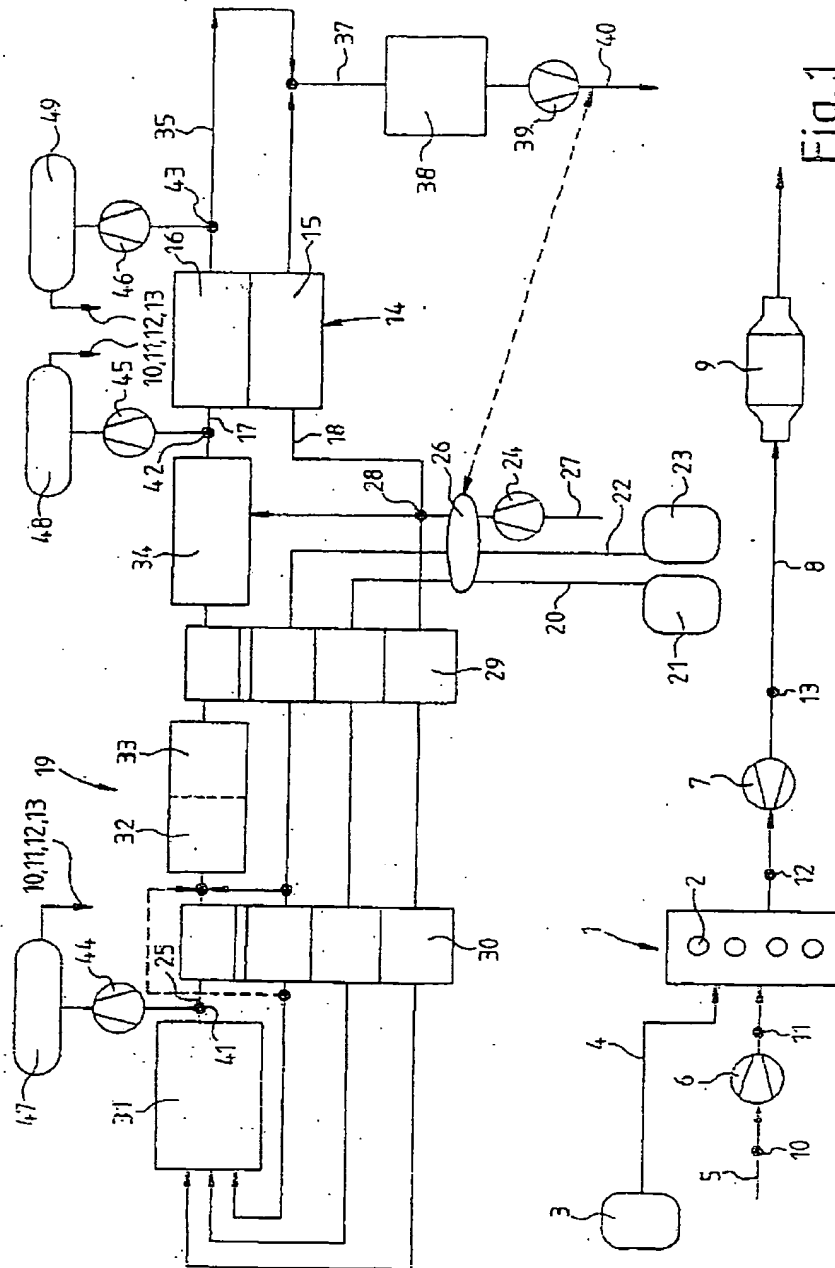


Fig. 1

102 300/613

BNSOCCID: &lt;DE 10139617A1\_1&gt;

ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl. 7:  
Offenlegungstag:

DE 10139617 A1  
B 60 L 11/18  
25. Juli 2002

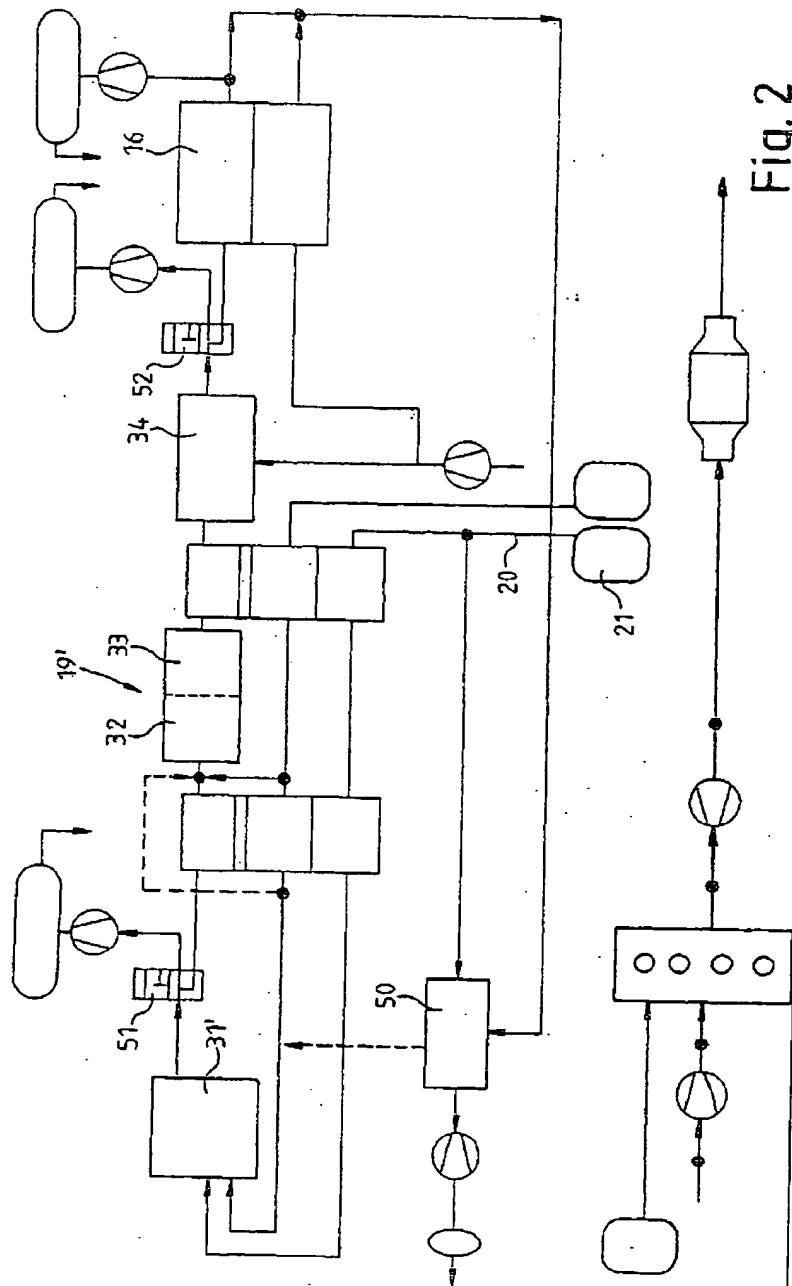


Fig. 2

102 300/513

BNSOCCID: &lt;DE 10139617A1&gt;

ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:  
Int. Cl.7:  
Offenlegungstag:

DE 10139617 A1  
B 60 L 11/18  
25. Juli 2002

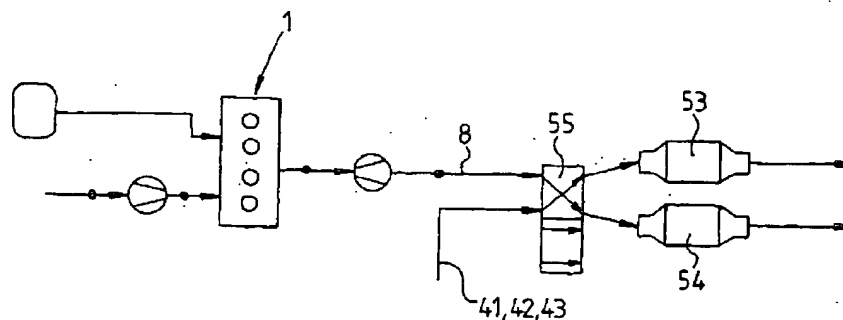


Fig. 3

102 300/613

BNSDOCID: &lt;DE\_\_\_\_10139617A1\_LL&gt;

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**